

## SPATIAL OPTICAL DEFLECTION ELEMENT

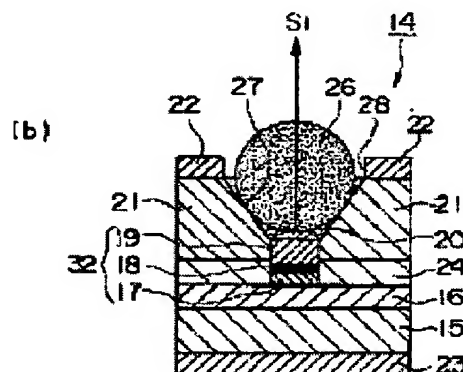
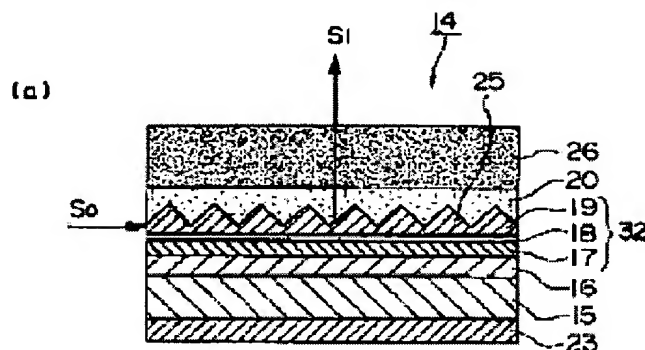
for IDS

**Patent number:** JP8320506  
**Publication date:** 1996-12-03  
**Inventor:** SEKIGUCHI TOSHISADA; SUZAKI SHINZO  
**Applicant:** FUJIKURA LTD;; GIJUTSU KENKYU KUMIAI SHINJOHO SHIYORI KAIHATSU KIKO  
**Classification:**  
 - international: G02F1/313; G02F1/295  
 - european:  
**Application number:** JP19950126915 19950525  
**Priority number(s):**

## Abstract of JP8320506

**PURPOSE:** To provide a spatial optical deflection element capable of finely converging the beam of emitted light.

**CONSTITUTION:** This spatial optical deflection element 14 is constituted by having a semiconductor substrate 15, a buffer layer 16, a light confinement compensation layer 17, an MQW layer 18, a waveguide layer 19, a clad layer 20, diffraction grating 25 and conductive layer 21 and upper and lower electrode layers 22, 23 and deflects the light emitted outside. The element described above is arranged with a shaped lens 26 within a V groove 27 between the conductive layers and the clad layer 20 consisting of a resin or dielectric substance is packed into the spacing between this rod lens 26 and the V-groove 27, by which the bar-shaped lens 26 is fixed.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-320506

(43) 公開日 平成8年(1996)12月3日

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>  
G02F 1/313  
1/295

識別記号

F I  
G02F 1/313  
1/295

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全6頁)

(21) 出願番号 特願平7-126915

(22) 出願日 平成7年(1995)5月25日

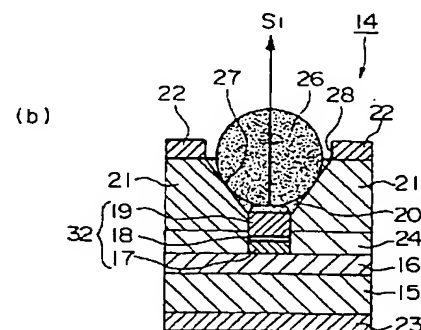
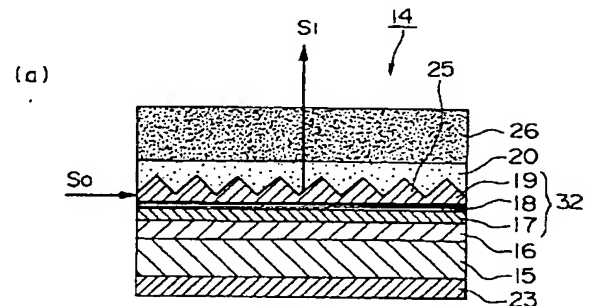
(71) 出願人 000005186  
株式会社フジクラ  
東京都江東区木場1丁目5番1号  
(71) 出願人 593162453  
技術研究組合新情報処理開発機構  
東京都千代田区東神田2-5-12 龍角散  
ビル8階  
(72) 発明者 関口 利貞  
千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジ  
クラ佐倉工場内  
(72) 発明者 須崎 慎三  
千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジ  
クラ佐倉工場内  
(74) 代理人 弁理士 志賀 正武

(54) 【発明の名称】 空間型光偏向素子

(57) 【要約】

【目的】 出射する光のビームを細く絞ることのできる空間型光偏向素子を提供する。

【構成】 半導体基板15、バッファ層16、光閉込補償層17、MQW層18、導波路層19、クラッド層20、回折格子25、導電層21、上部、下部電極層22、23を有してなり、外部に出射する光を偏向する空間型光偏向素子14において、棒状レンズ26が導電層間のV溝27内に配置され、棒状レンズ26とV溝27の隙間に樹脂または誘電体からなるクラッド層20が充填されることにより棒状レンズ26が固定されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体基板と、該半導体基板の上方に形成された導波路層と、該導波路層の上方に形成されたクラッド層と、前記導波路層に入射された光を上方に向けて回折させるための回折格子と、前記クラッド層の上方に形成され前記光を出射する窓部が設けられた上部電極層と、前記半導体基板の下方に形成された下部電極層を有してなる空間型光偏向素子において、出射光を集束するための棒状レンズが、自身の軸線が素子の光軸方向を向くように前記クラッド層上部にあたる出射光の光路上に設置されたことを特徴とする空間型光偏向素子。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の空間型光偏向素子において、

前記導波路層がストライプ状に形成されるとともに、該導波路層の両側方から上方に成長する導電層により溝が形成され、

その溝の内部に前記棒状レンズが装入、固定されたことを特徴とする空間型光偏向素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光インターコネクションに関し、例えば光コンピュータ内のボード間、プロセッサ間の光スイッチング、並列光情報伝送システム等のキーデバイスとして好適な空間型光偏向素子に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 情報処理、通信等の分野において、例えば光コンピュータ内のボード間、プロセッサ間等の情報伝送用配線として従来一般の手段である電気的な配線を用いた場合、配線が占める空間的、時間的なロスはかなり大きなものになってしまう。そこで、近年、この点を改善するために空間的、時間的に情報伝送量の大きい光を用いた、いわゆる光インターコネクション（光を用いた相互接続）が用いられてきている。コンピュータ内で光インターコネクションを実現する場合、光インターコネクションの持つ空間的、時間的に情報伝送量が大きいという利点を生かすためには、ボード間、プロセッサ間等で空間的に信号の切り替えを行なう光スイッチングや並列的な光情報伝送を実現することが必要であり、これら光スイッチングや並列光情報伝送に対応し得る光デバイスの提供が望まれていた。

【0003】 そこで、本発明者らは、図 5 に示すような空間型光偏向素子を提案した（図 5（a）は素子の縦方向断面図、図 5（b）は同、横方向断面図、なお、以下の説明では素子の光軸方向を縦方向、光軸に垂直な方向を横方向と記載する）。図 5 に示す空間型光偏向素子 1 は、 $n-I n P$  基板 2 上に  $n-I n P$  バッファ層 3 が形成され、その上方に、井戸層とバリア層が交互に多層積層された（図示せず）多重量子井戸（Multi Quantum We

ll、以下、MQWと称する）層 4 と導波路層 5 がストライプ状に形成され、フォトリソグラフィ・エッチング技術により導波路層 5 上に回折格子 6 が形成されたものである。

【0004】 そして、MQW層 4 と導波路層 5 からなるストライプ 7 の上方には  $n-I n P$  クラッド層 8 が形成されるとともに、ストライプ 7 の側方には横方向の光の閉じ込めのために  $I n P$  ブロック層 9 が埋込成長されている。また、この積層構造の上面には窓部 12 を有する上部電極層 10 が形成され、下面には下部電極層 11 が形成されている。

【0005】 上記構成の空間型光偏向素子 1 において上部、下部電極層 10、11 間に例えば電圧印加を行なうと、電圧に見合う量だけ MQW 層 4 の屈折率が変化し、ブラッグの式に基づく入射光  $S_i$  の回折が生じる際に屈折率変化に伴って回折角が変化する。そこで、電圧の大きさを調節することにより回折光  $S_r$  を光軸方向に沿う鉛直面内で所望の角度だけ偏向させて（ $S_1$ 、 $S_2$ ）、素子の外部空間に出射させることができる。そこで、この回折光  $S_r$  の偏向機能を利用することにより光コンピュータにおける光スイッチングシステムや並列光情報伝送システムにおける光インターコネクションに対してこの空間型光偏向素子 1 を適用することができるのである。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、前述したように、上記構成の空間型光偏向素子は回折格子による光の回折現象を利用して導波路層内を導波してきた光を上方に偏向して素子の外部に出射し得るものである。ところが、回折格子上に位置するクラッド層の上面が平坦であるため、回折光が素子の外部空間に出射された場合に光は素子の横方向に次第に拡散されることになる。そして、図 7 に示すように、例えば光インターコネクションとして空間型光偏向素子 1 の上方に配置された受光素子 A、B、C、D の設置位置に回折光が到達したときには細長く広がったビームとなる。したがって、各受光素子 A、B、C、D が受ける光はビームの中の一部に過ぎなくなるため、受光素子 A、B、C、D が受ける光の強度が空間型光偏向素子 1 の出射直後の強度に比べて相対的に弱くなってしまうという問題があった。

【0007】 本発明は、前記の事情に鑑みてなされたものであって、光スイッチングや並列光情報伝送システムにおける光インターコネクションに適用された際に受光素子が受ける光の強度を高く保つことができる空間型光偏向素子を提供することを目的とする。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】 前記の目的を達成するために、本発明の空間型光偏向素子は、半導体基板と、該半導体基板の上方に形成された導波路層と、該導波路層の上方に形成されたクラッド層と、前記導波路層に入射

された光を上方に向けて回折させるための回折格子と、前記クラッド層の上方に形成され前記光を出射する窓部が設けられた上部電極層と、前記半導体基板の下方に形成された下部電極層を有してなる空間型光偏向素子において、出射光を集束するための棒状レンズが、自身の軸線が素子の光軸方向を向くように前記クラッド層上部にあたる出射光の光路上に設置されたことを特徴とするものである。また、前記導波路層をストライプ状に形成するとともに、該導波路層の両側方から上方に成長する導電層により溝を形成し、その溝の内部に前記棒状レンズを装入、固定する構成としてもよい。

【 0 0 0 9 】

【作用】本発明の空間型光偏向素子において、上部、下部電極層間に電圧印加、または電流注入を行なった場合、印加電圧による電気光学効果または注入キャリアによるプラズマ効果またはバンドフィリング効果によって電圧または電流の大きさに依存して導波路層の屈折率が変化し、それに伴って回折格子上方への回折角が一定量変化する。この際に、クラッド層上部にあたる出射光の光路上に出射光を集束するための棒状レンズが固着されたことによって、回折格子により回折された光がクラッド層上部の棒状レンズを通過する際に光が集束されて素子の外部空間に出射される。

【 0 0 1 0 】

【実施例】以下、本発明の一実施例を図 1 ないし図 4、図 6 を参照して説明する。図 1 ( a ) は本実施例の空間型光偏向素子 1 4 を示す縦方向断面図、図 1 ( b ) は同、横方向断面図であって、図中符号 1 5 は半導体基板、1 6 はバッファ層、1 7 は光閉込補償層、1 8 は M Q W 層、1 9 は導波路層、2 0 はクラッド層、2 1 は導電層、2 2 は上部電極層、2 3 は下部電極層、2 4 は絶縁層、2 5 は回折格子、2 6 は棒状レンズである。

【 0 0 1 1 】半導体基板 1 5 は  $p\text{-InP}$  を材料としてチップ状に形成したものであり、図 1 ( a )、( b ) に示すように、この半導体基板 1 5 上に  $p\text{-InP}$  からなるバッファ層 1 6 が積層されている。そして、図 1

( b ) に示すように、バッファ層 1 6 上面の横方向中央部には、縦方向に延びる光閉込補償層 1 7、M Q W 層 1 8 および導波路層 1 9 が形成され、この 3 層によりストライプ 3 2 が構成されている。

【 0 0 1 2 】光閉込補償層 1 7 は  $p\text{-InGaAsP}$  により形成されている。また、M Q W 層 1 8 は  $\text{InGaAsP}$  からなる井戸層と  $\text{InP}$  からなるバリア層が交互に多層積層（図示は省略する）されており、いわゆる M Q W 構造をなしている。また、導波路層 1 9 はバルクの  $\text{InGaAsP}$  により形成されている。そして、これら 3 層からなるストライプ 3 2 の延びる方向が入射光 S の導波方向となっている。一方、ストライプ 3 2 の側方下部には後述する上部電極層 2 2 と下部電極層 2 3 との間で注入電流を遮断するための、アンドープの  $\text{InP}$  (以

下、 $u\text{-InP}$  と記載する）からなる絶縁層 2 4 が形成されている。

【 0 0 1 3 】そして、図 1 ( a ) に示すように、導波路層 1 9 の上面には、入射光 S の導波方向と直交する方向に一定のピッチの溝を持つ三角波形の回折格子 2 5 が形成されている。この回折格子 2 5 は導波路層 1 9 内を導波する光 S を上方に向けて回折させるためのものである。そして、図 1 ( b ) に示すように、絶縁層 2 4 の上面には V 字状の溝 2 7 を有する  $n\text{-InP}$  からなる導電層 2 1 が積層されている。また、導電層 2 1 の下部は前記導波路層 1 9 の側面と接触するようになっている。

【 0 0 1 4 】また、円柱状の形状をした棒状レンズ 2 6 が、レンズ 2 6 の下側半分程度が導電層 2 1 の V 溝 2 7 内に位置し、上側半分程度が導電層 2 1 の上面から上方に突出するように V 溝 2 7 の内部に配置され、棒状レンズ 2 6 と V 溝 2 7 の隙間にポリイミド、エポキシ等の樹脂、または  $\text{SiO}_2$  等の誘電体が充填されることにより棒状レンズ 2 6 が素子 1 4 に対して固定されている。この棒状レンズ 2 6 自体は、例えば石英、BK 7、SF 1 1、PMMA 等の材料で形成されたものであって、素子 1 4 外部に出射する光を素子 1 4 の横方向に集束するためのものである。そして、棒状レンズ 2 6 と V 溝 2 7 の隙間に存在する樹脂または  $\text{SiO}_2$  等の誘電体の層がクラッド層 2 0 を構成する。

【 0 0 1 5 】また、導電層 2 1 の上面には上部電極層 2 2、2 2 が形成され、半導体基板 1 5 の下面には下部電極層 2 3 が形成されている。したがって、素子 1 4 の縦方向に延びる上部電極層 2 2、2 2 の間の棒状レンズ 2 6 が外部に露出する領域は、上方に回折した光 S を素子 1 4 外部へ出射させるための矩形の窓部 2 8 となっている。これら上部、下部電極層 2 2、2 3 は、ともに Cr と Au との積層、または n 側は  $\text{Au-Ge-Ni}$  合金と Au との積層、p 側は  $\text{Au-Zn}$  合金と Au との積層、さらにはこれらの上に Cr と Au を積層した構造となっている。

【 0 0 1 6 】次に、上記構成の空間型光偏向素子 1 4 の製造方法について図 2 および図 3 を参照して説明する。まず、図 2 ( a ) に示すように、半導体基板 1 5 上に有機金属気相エピタキシャル装置によりバッファ層 1 6、光閉込補償層 1 7、M Q W 層 1 8、導波路層 1 9、および導波路層 1 9 を保護するためのプロテクト層 2 9 を順次成長させて元ウェハ 3 0 を作製する。そして、図 2

( b ) に示すように、元ウェハ 3 0 に対してフォトリソグラフィ（干渉露光法）・エッチング技術により導波路層 1 9 の上面に回折格子 2 5 を形成する。その後、図 2 ( c ) に示すように、導波路層 1 9 (回折格子 2 5) 上にストライプ状にパターニングしたマスク層 3 1 を用いてエッチングを行ない、導波路層 1 9、M Q W 層 1 8、光閉込補償層 1 7 の横方向中央部のみを残してストライプ 3 2 を形成する。ここで、マスク層 3 1 としては Si

O<sub>2</sub>、またはクラッド層と同様の材料を用いる。なお、InGaAs(P)等のエッチング選択性がある材料を用いてもよい。

【0017】ついで、図3(a)に示すように、ストライプ32上面のマスク層31を残した状態でストライプ32下部に選択成長により所定の厚さの絶縁層24を積層し、ついで、導電層21を積層した後にフォトリソグラフィおよびエッチング技術によりV溝27を形成する。そして、図3(b)に示すように、別途作製しておいた棒状レンズ26をV溝27内に配置した後、隙間に樹脂を充填するか、またはゾルーゲル法を用いて形成したSiO<sub>2</sub>等の誘電体で埋め込むかによって、棒状レンズ26を基板15に対して固定すると同時にクラッド層20を形成する(なお、上記で埋め込まれた層と残存したマスク層31が一体となってクラッド層20を構成する)。ついで、図3(c)に示すように、導電層21の上面に上部電極層22を選択成長させ、半導体基板15の下面に下部電極層23を成長させると、本実施例の空間型光偏向素子14が完成する。

【0018】上記の手順を経て製造した空間型光偏向素子14を使用する際は、図4に示すように、上部電極層22、22と下部電極層23の間に電源33を接続する。そして、導波路層19に対して光S<sub>1</sub>を入射すると、入射した光S<sub>1</sub>は回折格子25の作用により上方に向けて回折し、上部電極層22の窓部28を通して素子14の外部に出射される。そこで、上部、下部電極層22、23間に電圧印加または電流注入を行なうと、印加電圧または注入キャリアの作用により導波路層19の屈折率が変化することに伴って回折角が変化する。すなわち、回折した光S<sub>1</sub>が光の導波方向に沿う鉛直面内においてその出射角度が変化し(S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>)、窓部28から素子14の外部に出射される。なお、上部、下部電極層22、23間に印加する電圧、電流の極性はいずれが正または負であっても良い。

【0019】本実施例の空間型光偏向素子14においては、上部、下部電極層22、23間に例えば電圧印加を行なった場合の導波路層19の最大屈折率変化量は0.2%程度であり、この値からブラッグの式を用いて計算すると出射光S<sub>2</sub>を5°程度の範囲で偏向させることができる。そして、素子14の上部に棒状レンズ26が設けられているので、回折光S<sub>1</sub>を出射する際にその回折光S<sub>1</sub>が素子14の横方向において細く集束される。したがって、図6に示すように、例えば光インターコネクションとして空間型光偏向素子14の上方に配置された受光素子A、B、C、Dの位置に光が到達したときにこの光は細く絞られた状態となっているため、受光素子A、B、C、Dに対して実質的に入射される出射光S<sub>2</sub>の割合が多くなり、図7に示す従来の空間型光偏向素子を用いた場合のように受光素子A、B、C、Dにおける光強度が相対的に低下するのを防止することができる。

【0020】ここで、素子の上部に集光用レンズを設ける手段として仮にV溝全体を埋めるクラッド層の上面をレンズ状に成形する手段を採るとすると、例えば、導電層上にレジストパターンを形成し、レジストの側面にはクラッド層が成長しないような表面処理を行なったうえでクラッド層を成長させることによって、中央部が盛り上がったレンズ状のクラッド層を形成するという方法が考えられる。ところが、この方法では、レンズの上面を一定の曲率を持つ滑らかな曲面とするための形状の制御が極めて困難でありかつ再現性も良くない、また、レンズ形成に係わる工程が複雑であるといった問題が生じてしまう。

【0021】これに対して、本実施例では、別途作製した棒状レンズ26を素子に固着する方法を採っており、棒状レンズ26は例えば光ファイバと同様の製造技術を用いて作製することができるので、棒状レンズ26自体を良好な形状とすることができ、また、そのような集光性の高いレンズを有する空間型光偏向素子を再現性良く製造することが可能となる。さらに、棒状レンズ26の製造に際して従来一般の光ファイバ製造技術を用いることができ、棒状レンズ26自体を容易に製造することができるので、前述したクラッド層の上面をレンズ状に成形する場合に比べて素子全体の製造工程を簡易化することができる。

【0022】そして、この空間型光偏向素子14をマザーボードから子ボード上の複数の受光素子へ光信号を伝送する光スイッチングシステムや、2枚のボード間の並列光情報伝送システムに組み込むことにより、光インターコネクションを用いたコンパクトなシステム構成で高速の光スイッチングや並列光情報伝送を行なうことが可能となる。そして、このシステムの構築にあたり本実施例の空間型光偏向素子14を用いると、従来の空間型光偏向素子を用いた場合に比べて受光素子における光の強度が増大するのみならず、レンズ形状の再現性が良好なために集光された光の強度分布も再現性が良いものとなる。したがって、S/N比が大きく、信頼性の高いシステムを構築することができる。

【0023】また、本実施例の空間型光偏向素子14においては、半導体基板15の材料としてn-InPを、クラッド層20の材料としてp-InPを用いたが、これらの導電型は逆であっても良いし、InP系に限らず、GaAs系等、他の化合物半導体材料を用いることもできる。さらに、MQW層18の材料としても本実施例のInGaAsP/InPの他、InGaAsP/InGaAsP等のInP系材料、AlGaAs/GaAs等のGaAs系材料を用いても良い。また、本実施例では、導波路構造としてMQW層18とバルクの導波路層19の積層構造からなる空間型光偏向素子に対して本発明を適用した例を説明したが、本発明を適用し得る光偏向素子の基本構造はこれら実施例に限るものではない。

い。例えばMQW構造またはバルクの単層構造の導波路層を有するもの、裏面反射膜のような他の層を有するもの、回折格子の形成位置が異なるもの等、種々の構造を持つ空間型光偏向素子に対して本発明を適用することが可能である。

#### 【 0 0 2 4 】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明の空間型光偏向素子においては、棒状レンズがクラッド層の上部に設置されたことにより出射光が集束されるため、平坦なクラッド層を有する従来の空間型光偏向素子に比べて出射光のビームを細く集光することができる。また、棒状レンズは従来一般の光ファイバ製造技術を用いて別途作製することができるので、棒状レンズを良好な形状とでき、そのような集光性の高いレンズを有する素子を再現性良く製造することが可能となる。さらに、棒状レンズ自体を容易に製造できることから素子全体の製造工程を簡単化することもできる。そして、この空間型光偏向素子を組み込んだ光スイッチングシステムや並列光情報伝送システムにおいては、従来の空間型光偏向素子を用いた場合に比べて受光素子における光の強度が増大するのみならず、レンズ形状の再現性が良好なために集光された光の強度分布も再現性が良いものとなる。

よって、S/N比が大きく、信頼性の高いシステムを構築することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の一実施例である空間型光偏向素子を示す (a) 縦方向断面図、(b) 横方向断面図である。

【図 2】 同、空間型光偏向素子の製造工程を順を追って示す図の前半部分である。

【図 3】 同、後半部分である。

【図 4】 同、空間型光偏向素子を使用する状態を示す図である。

【図 5】 従来の空間型光偏向素子の一例を示す (a) 縦方向断面図、(b) 横方向断面図である。

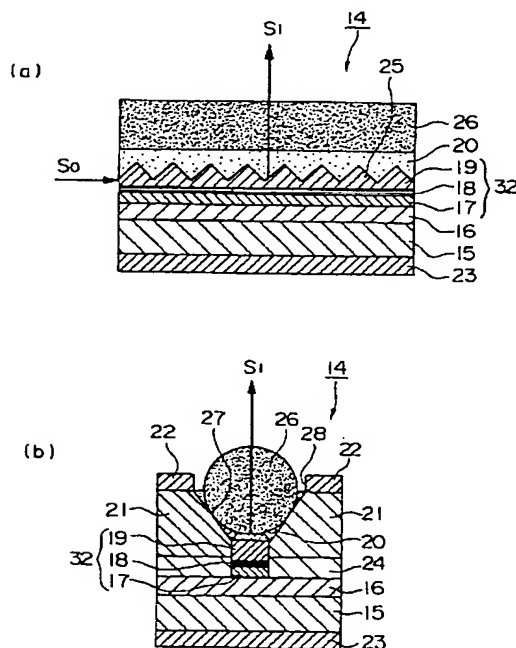
【図 6】 本発明の空間型光偏向素子を光インターコネクションに適用したときの効果を示す図である。

【図 7】 従来の空間型光偏向素子を光インターコネクションに適用したときの問題点を示す図である。

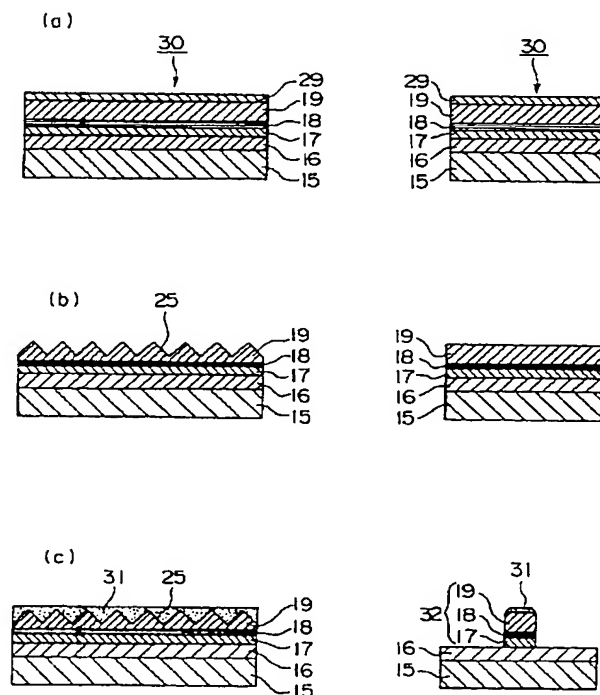
#### 【符号の説明】

1 4 …空間型光偏向素子、1 5 …半導体基板、1 8 …MQW層、1 9 …導波路層、2 0 …クラッド層、2 2 …上部電極層、2 3 …下部電極層、2 5 …回折格子、2 6 …棒状レンズ、2 7 …溝、2 8 …窓部、S<sub>0</sub> …入射光、S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>、S<sub>3</sub> …出射光

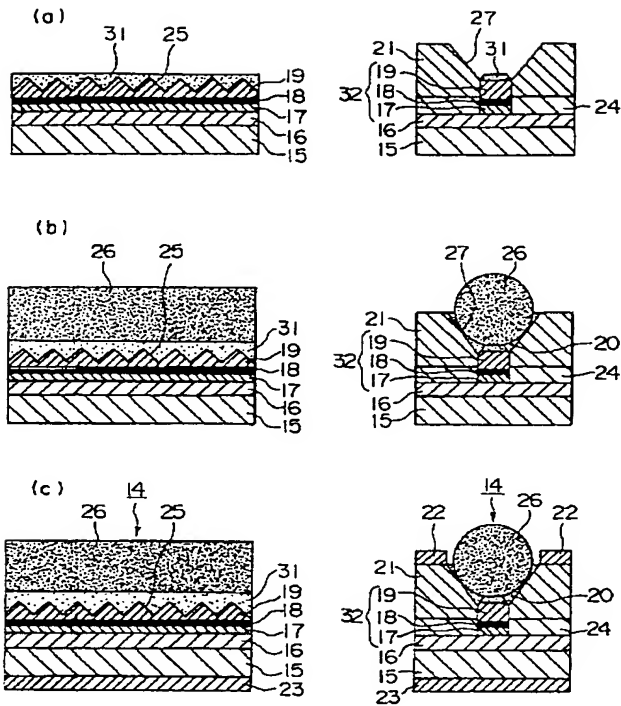
【図 1】



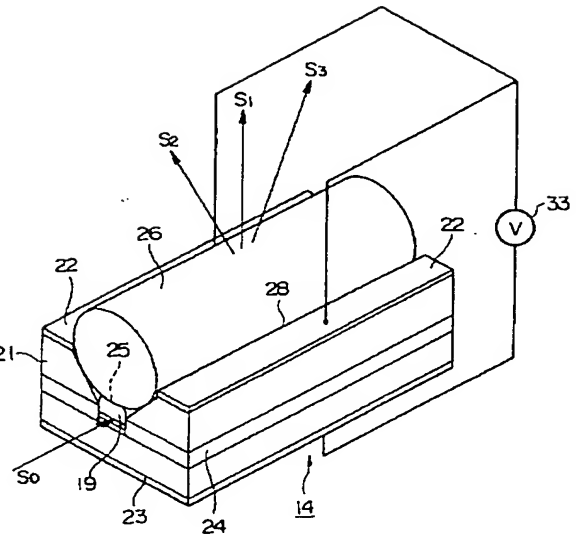
【図 2】



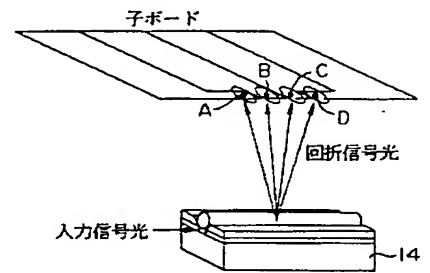
【図 3】



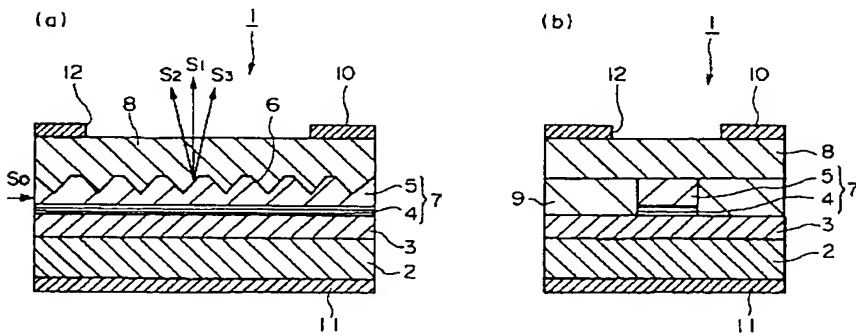
【図 4】



【図 6】



【図 5】



【図 7】

